



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

Optimalizace skladových zásob náhradních dílů

Bakalářská práce

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Autor práce: **Michal Steinhauser**

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Zajíček, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

Optimizing stock of spare parts

Bachelor thesis

Study programme: B2612 – Electrical Engineering and Informatics

Study branch: 1802R022 – Informatics and Logistics

Author: **Michal Steinhauser**

Supervisor: Ing. Jaroslav Zajíček, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Steinhauser**
Osobní číslo: **M15000227**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informatika a logistika**
Název tématu: **Optimalizace skladových zásob náhradních dílů**
Zadávající katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši možných metod segmentace a optimalizace skladových zásob a predikce klíčových zásob.
2. Popište a vyberte vhodnou metodu vzhledem k systému.
3. Aplikujte vybranou metodu na reálný systém v průmyslové praxi.
4. Formulujte doporučení/zlepšení ohledně skladových zásob.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **30–40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] **HORÁKOVÁ, Helena, 1998. Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy. 3. přepr. Vyd. Praha: Profess Consulting, 236 s. ISBN 80-852-3555-2.**
- [2] **ČSN IEC 60605 4:2002 Zkoušení bezporuchovosti zařízení - Část 4: Statistické postupy pro exponenciální rozdělení - Bodové odhady, konfidenční intervaly, předpovědní intervaly a toleranční intervaly.**
- [3] **CALABRO S. R.: Základy spolehlivosti a jejich využití v praxi. SNTL, Praha 1965.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Zajíček, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Jan Kamenický, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Ostatní konzultanti:

Ing. Věra Pelantová, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2018**

prof. Ing. Zdeněk Pliva, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2017

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 10.5.2014

Podpis: 

Anotace

Cílem této bakalářské práce je seznámení se skladováním náhradních dílů a využití nástrojů pro optimalizaci skladových zásob náhradních dílů. Optimalizací je brána v tomto případě segmentace náhradních dílů a poté využití nástrojů na již roztríděné náhradní díly do skupin, které pomohou zjistit optimální hodnoty a predikci zásob náhradních dílů ve skladu.

Teoretická část je zaměřena na seznámení s obecnými informacemi o skladovém managementu, náhradních dílech a metodách segmentace spolu s nástroji, které je možné využít k optimalizaci skladových zásob náhradních dílů.

Praktická část se věnuje konkrétním postupům a metodám, které vycházejí z teoretické části, a jsou již aplikovány na konkrétní reálná data. Pomocí těchto procesů jsou k dispozici data, která umožňují skladu náhradních dílů údržby optimalizovat zásoby, a tak zefektivnit management skladování náhradních dílů ve společnosti Drylock Technologies s.r.o.

Výsledkem jsou data a doporučení, která jsou schopna optimalizovat jednotlivé náhradní díly, pomohou do budoucna s optimalizacemi a umožní korekci nastavení minimálních hodnot hladin položek náhradních dílů ve skladovém systému. Tím lze zajistit více skladovacího prostoru a snížení nákladů spojených s náhradními díly.

Klíčová slova

Náhradní díly, řízení zásob, optimalizace, segmentace, diferenciacíe zásob, Smart Willemain, Paretova analýza, ABC, XYZ



Annotation

The objective of this bachelor thesis is introduction to spare parts warehouse management and usage of tools for optimization of stock spare parts. In this case the optimization is segmentation of spare parts, and then use of methods for categorized spare parts. These methods help find the right value and prediction of spare parts stock in the warehouse.

The theoretical part of this thesis is focused on presentation of global information about spare parts management, of segmentation methods and of tools which can be used for the optimization of stock items in spare parts warehouse.

The practical part deals with specific procedures and methods, which are mentioned in the theoretical part and are applied on real data. Thanks to these processes the data is available for the optimization of stock items and more effective warehouse management of spare parts in the company named Drylock Technologies s.r.o.

As the result there are data and suggestions which enable the spare part to be optimized. In the future they will also help the optimization of every single spare part and they will allow adjustment setting of minimal and maximal levels of spare parts in warehouse system. This can ensure more room in the warehouse and reduce costs of spare parts.

Key words

Spare parts, warehouse management, optimization, segmentation, stock differentiation, Smart Willemain, Pareto analysis, ABC, XYZ



Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Jaroslavu Zajíčkovi, Ph.D. za pomoc při vedení bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Jakobovi Jelínkovi za spolupráci a získávání údajů pro praktickou část práce a firmě Drylock Technologies s.r.o., že mi umožnila přístup k datům, díky kterým jsem mohl tuto práci vypracovat.



Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teorie.....	11
2.1	Management skladování.....	12
2.2	Metody řízení náhradních dílů	17
2.3	Predikce spotřeby	24
2.4	Metoda EOQ	26
2.5	Metoda Smart Willemain	27
2.6	Výpočty min a max hladin	29
2.7	Výpočet zásob při ukončení podpory.....	30
3	Praktická část.....	31
3.1	ABC analýza	32
3.2	XYZ analýza	34
3.3	Výsledky ABC XYZ analýzy.....	36
3.4	Metoda Smart Willemain	37
3.5	Výsledky	42
3.6	Identifikované nedostatky v datech.....	43
4	Závěr.....	44
	Použitá literatura	46
	Seznam tabulek, obrázků a grafů	47
	Obsah CD.....	48



1 Úvod

Tato práce je zaměřena na seznámení se skladováním náhradních dílů a možnosti optimalizace skladového managementu. Jsou zde zmíněny základní pojmy související s tématem, nástroje pro segmentaci a optimalizaci skladových dílů. Toho lze v dnešní době, kdy se prakticky neustále hledí na snižování nákladů, velmi dobře využít pro snížení nákladů spojených se skladováním a investováním kapitálu firmy do nákupu náhradních dílů, které tvoří nemalou část investovaného kapitálu.

Úvodní část práce se zaměřuje na teoretickou část, tedy seznámení s obecnými informacemi o náhradních dílech a managementu skladování, metodách segmentace spolu s nástroji, které je možné využít k optimalizaci skladových zásob náhradních dílů.

Další část se věnuje již konkrétním postupům a metodám, které jsou již aplikovány na konkrétní reálná data společnosti Drylock Technologies s.r.o.



2 Teorie

Specifickou oblastí v údržbě je řízení zásob náhradních dílů a ostatních spotřebních materiálů potřebných pro realizaci procesu údržby. Zásoby náhradních dílů spolu se spotřebním materiálem mohou v rozpočtu firmy tvořit zásadní položku nejen díky své pořizovací ceně, ale i nákladům spojených s jejich skladováním. Efektivní řízení zásob náhradních dílů může firmám přinést nezanedbatelné úspory provozních nákladů.

Důvodů k optimalizaci náhradních dílů je mnoho, ať se jedná o zlepšení přístupu či dostupnosti dílů, a tudíž se jedná o „pomocnou ruku“ pro výrobu, která pomáhá k nepřetržité výrobě bez velké zmetkovitosti produktů, či komponent. Nebo zajištění a skladování nástrojů a náhradních dílů pro údržbu, která výrazně přispívá k nepřetržité výrobě. Ale nejde pouze o fyzické komponenty, optimalizace může pomáhat i v managementu skladování, kde dokáže pomoci se snížením skladovacích nákladů a nákladů na pořizování náhradních dílů. Či zredukovat zbytečné výdaje a tím nepřekračovat měsíční rozpočet a ve výsledku splnit nastavené budgety.



2.1 *Management skladování*

Řízení zásob v údržbě je od běžného logistického řízení skladových zásob materiálů, či expedice hotových produktů výrazně odlišné.

První odlišností je při řízení náhradních dílů a materiálů údržby přístup k dostupnosti jednotlivých položek. Pokud se jedná o kritické náhradní díly, je třeba zajistit nejvyšší možnou dostupnost. V případě, že tyto díly nejsou dostupné a došlo by k neočekávané poruše, tak takováto nedostupnost může mít za následek obrovské ztráty v důsledku zastavení výroby a další náklady spojené s odstávkou výrobního zařízení.

Další odlišností, kterou je třeba zmínit je sporadická spotřeba náhradních dílů a materiálů údržby. Při zkoumání historie spotřeby náhradního dílu lze zjistit, že po větší část zkoumaného období je spotřeba většiny dílů nulová. Tato sporadická poptávka po náhradních dílech údržby se typicky vyskytuje v počtu několika kusů. Jsou ale i výjimky, například spojovací materiál, kde se tato sporadická poptávka vyšplhá do počtu stovek i tisíců kusů. To může nastat například při opravě poruchy většího technologického celku, nebo se může jednat i o hutní materiály, které údržba náhle potřebuje v případě výroby konstrukce pro závod apod.

V údržbě se s občasnou spotřebou často pojí i dlouhá dodací doba. Tato kombinace může vést k vytvoření nadměrné zásoby, a tudíž k zaplnění skladového prostoru a zablokování prostředků firmy.

Řízení zásob údržby cílí ke snižování úrovně hladin a počtů skladovaných položek, zároveň je nezbytné, aby dostupnost těchto položek zůstala zachována nebo byla zlepšena. Toto zní sice protichůdně, ale lze toho dosáhnout za pomoci důsledného a efektivního využití možností specializovaných informačních systémů a sofistikovaných metod řízení zásob náhradních dílů.



2.1.1 Náhradní díly

Zásoby - „Zásobami můžeme chápat základní prvky, které vstupují do výrobního procesu. Jedná se o tu část užitných hodnot, které byly vyrobeny, ale ještě nebyly spotřebovány“.¹

V průmyslovém prostředí zásobami většinou rozumíme výrobní suroviny, polotovary, či finální produkty pro distribuci k zákazníkům.

„Náhradní díly (zásoby náhradních dílů) jsou prvky, které se používají pro údržbu výrobních prostředků (nestávají se součástí produktu)“.² Zajišťují chod výrobních prostředků bez nucených dlouhodobých výpadků, či prostoje.

¹ **Horáková, Helena a Jiří Kubát.** Řízení zásob: logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy. 3. přepr. vyd. Praha: Profess Consulting, 1998. ISBN 80-85235-55-2.

² **Zajíček, Jaroslav.** *Řízení zásob a náhradních dílů.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2016.



2.1.2 Řízení zásob náhradních dílů

Pro řízení zásob náhradních dílů je důležité zohlednit, zda jsou činnosti údržby a opravy plánovanými činnostmi či nikoliv. Při plánovaných úkonech údržby jsou zásoby náhradních dílů řízeny tahem na principu závislé poptávky, která pracuje s logistickými systémy Kanban, JIT a dalšími. Při neplánovaných případech údržby a oprav, z důvodu poruchovosti, je třeba využívat systémy tlaku na principu nezávislé poptávky.³ Při nezávislé poptávce se využívá k řízení zásob skladování spolu s objednáacími systémy, které udržují hladinu zásob. Při řízení zásob náhradních dílů je dobré rozčlenit položky do kategorií, zvolením vhodného systému řízení pro stanovené kategorie a kontrolou jeho efektivity. Náhradní díly s nezávislou poptávkou lze rozdělit na tři základní typy podle metod, jakými jsou řízeny jejich zásoby:

- Skladované položky s vysokou spotřebou: jedná se o díly, které mají větší míru spotřeby. K doplňování se využívá systém, který generuje objednávky vždy, když počet náhradních dílů klesne pod minimální úroveň hladiny. V tu chvíli skladový systém navrhne vygenerování objednávky s počtem kusů, který doplní současnou zásobu na hladinu maximální nastavené úrovně. Nastavení hladin umožňuje dodávkám dostatečně dlouhý termín k obdržení zásilky bez ohrožení výroby.
- Skladované položky s nízkou spotřebou: spotřeba je u těchto položek spíše sporadická, udržují se s malou skladovou zásobou o množstvích jedné skladové jednotky. Tou může být jeden kus, jedna sada atd.
- Neskladové položky: jejich vlastností je sporadická až téměř nulová spotřeba, s nepravidelnými a dlouhými odstupy mezi výdeji. Jedná se ve většině případů o drahé komponenty, jakými jsou velké motory, či pneumatické válce nebo se může jednat o hutní materiál, který se spotřebovává delší časové období. Proto by jejich udržování na skladě znamenalo zbytečné vázání finančních prostředků v zásobách a u některých komponent by mohlo nést i riziko nepoužitelnosti.

³ Svobodová, Daniela. Optimalizace zásob náhradních dílů. [Online] 9. Květen 2016. [Citace: 15. Březen 2018.] https://is.muni.cz/th/426730/esf_m/Optimalizace_zasob_nahradnich_dilu_Svobodova_2016.pdf.



Objednávají se pouze v reakci na konkrétní požadavek, jako je například preventivní výměna, opotřebení nebo náhlé potřeby, a to jen v určitém množství.

2.1.3 Konsignační sklad

Při dobré dlouhodobé a oboustranně přínosné spolupráci mezi dodavatelem a odběratelem, je možné se domluvit na vzniku konsignačního skladu. Nejedná se o druh skladu v doslovném slova smyslu, ale spíše o obchodní smlouvu či dohodu, která je upravena smlouvou o konsignaci. Existuje několik podob konsignačních skladů, podoba závisí na dohodě a možnostech jak ze strany dodavatele, tak ze strany odběratele.

Jednou z možností je si u dodavatele zřídit sklad a odběratel bude dále posílat objednávky s tím, že má jistotu krátkodobého dodání například do druhého dne.

Druhou možností je opak, tedy zřízení konsignačního skladu u odběratele. Odběratel tedy v momentě vzniku potřeby čerpá zboží z tohoto „skladu“. Dále má povinnost a je i v jeho zájmu pravidelně informovat dodavatele, pokud tato záležitost není vyřešena automatizovaným řešením například výdejním automatem, o hodnotě čerpaného zboží a dodavatel na to reaguje vystavením daňových dokladů a doplňováním konsignačního skladu.

Konsignační sklad nabízí odběrateli nemalé množství výhod. Ten si tímto způsobem může zajistit plynulost výrobních procesů, pružnost na požadavky zákazníků, tedy údržby, či výroby, v podniku se zvýší likvidita, protože peněžní prostředky nebudou vázány v zásobách a v neposlední řadě klesnou administrativní a dopravní náklady.



2.1.4 Segmentace

Řízení zásob velkých počtů skladových položek za pomoci objednacích systémů, či plánů spotřeb dodávek s určenými parametry by znamenalo jednotlivě položku po položce stanovovat a pravidelně aktualizovat velikosti dodávek a pojistných zásob. To je ovšem velice náročné a nákladné. Další možností je naopak použití jednotných časových norem velikostí dodávek pro všechny položky skladu. To je sice velké zjednodušení, ale úrovně zásob by při použití tohoto postupu byly neoptimální.

Tedy ani jedním přístupem není možné docílit optimálních skladových zásob. Co lze považovat za nejlepší způsob je použít rozdělení skladových zásob do skupin. Rozdělením je možné dokázat snížení nákladů na držení zásob i jejich řízení, ale zároveň i dostatečnou zásobu dílů. K tomuto lze použít analýzu ABC, která vychází z Paretovy analýzy (ta může být v některých případech použita samostatně k rozdělení položek) a bývá používána společně s analýzou XYZ. To lze považovat za střední cestu a nejlepší způsob k optimalizaci.



2.2 Metody řízení náhradních dílů

2.2.1 ABC analýza

Základem analýzy ABC je Paretův zákon vycházející z Paretovy analýzy, či princip 80/20. Ten říká, že přibližně 80 % důsledků vychází z 20 % příčin. Číslo 80 % a 20 % neplatí absolutně, pro různé případy mohou být tato procenta odlišná. Paretův zákon říká, že při řízení zásob je výhodné soustředit se na nejdůležitější položky, které mají největší vliv na celkový výsledek.

Paretova analýza

Paretovu analýzu definoval italský ekonom Vilfredo Pareto v roce 1897. Dříve se předpokládalo, že 50 % úsilí vede k přibližně 50 % výsledků. Paretova analýza vychází z principu, který říká, že 20 % činností přináší 80% zisku.

Tudíž je vhodnější zaměřit se na ty činnosti, které mají největší efekt na celkové výsledky.

Paretova analýza se realizuje v několika krocích:

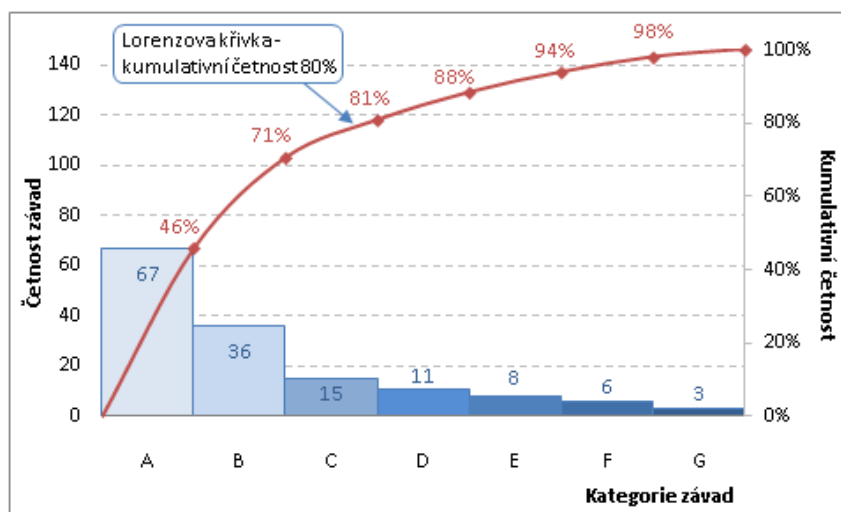
Definice místa analýzy – výběr procesu, činností, kde se má zvýšit zisk nebo efektivita. Může se např. jednat o reklamace, neshody ve výrobě, administrativě, úspěšnost produktů apod.

Sběr dat – pro analýzu je zapotřebí získat relevantní data o fungování a jejich hodnoty zapsat do tabulky.

Uspořádání dat – získaná data se seřadí podle největšího výskytu, největší četnosti, největší váhy, či jiného kritéria. Vždy se však seřadí od největší po nejmenší hodnotu.

Lorenzova kumulativní křivka – tato křivka vzniká kumulativním součtem hodnoty u jednotlivých dat a vnesením do grafu viz. obrázek.





Obr. 1 Lorenzova křivka – kumulativní četnosti

Stanovení kritéria rozhodování – zde se může rozhodnout využít striktně Paretovo pravidlo 80/20 nebo také vybrat, že se odstraní jen 60 % neshod apod.

Identifikování hlavních příčin – z levé strany grafu vzniklého z dat zapsaných do tabulky, se v hodnotě 80 %, či jiné zvolené hodnoty, se spustí vodorovnou čáru, která oddělí ty případy nebo příčiny, kterými by se mělo zabývat. Jsou to takové příčiny, které mají největší vliv na následky.

Stanovení nápravných opatření – k odstranění nebo rozvoji příčin, které způsobují nejvíce ztrát nebo naopak vedou k navýšení zisku.

Delší popis včetně historie lze najít na zdroji (1)

ABC analýza

Jednotlivé položky ale nemají stejný vliv na sledovaný parametr či jev. Je proto dobré seřadit položky podle vlivu a rozdělit do kategorií. Při řešení takového problému se používá ABC analýza (Paretova analýza), která rozdělí položky do třech kategorií (někdy se využívá i D kategorie), dle procentuálního podílu na celkovém parametru. Například analýzou výrobního programu podniku lze zjistit, že 75 % ročního obrátu tvoří malá skupina o 10 % výrobků, zbytek je rozsáhlé portfolio výrobků (např. 70%), které se podílí jen nepatrně (např. 10 %) na celkovém obrátu firmy.



Analýza se využívá i při rozboru výrobních zásob, či skladových zásob náhradních dílů, kde sledovaným parametrem není obrat, ale průměrná výše zásob jednotlivých položek v hodnotovém vyjádření. Z hlediska takové ABC klasifikace získáváme následující tři skupiny položek:

Skupina A – do této skupiny spadají položky s největší důležitostí, s největším podílem na celkové zásobě a nejvyšší významností. Proto by se této skupině měla věnovat vysoká pozornost. Je zde vhodná důsledná a pravidelná kontrola stavu zásob na skladě. Objednání položek je v této skupině realizováno v krátkých časových intervalech a pro jejich nákup je důležité znát pro každou jednotlivou položku informace o dodacích podmínkách tedy – kvalitě, ceně a dodací lhůtě. Při snižování zásob představují největší potenciál s výrazným dopadem na snížení nákladů.

Skupina B – položky s nižší důležitostí, které je stále dobré sledovat, ale není však nutné provádět s tak krátkými intervaly jako u skupiny A. Patří sem položky se střední hodnotou obratu a s průměrnou výškou zásob. Pozornost je věnovaná těmto materiálům se obvykle orientuje na jednotlivé materiálové skupiny. Položky jsou objednávané ve větších objednávacích cyklech. Nemají výrazný vliv na hodnotu skladovacích nákladů a jejich potenciál při optimalizaci je průměrný. Velikost potřeby lze určovat analyticky, ale provedení statistického odhadu je dostatečné. Lze vytvářet zásoby v návaznosti na výrobní plán.

Skupina C – položky s nejmenší důležitostí. Není nutné jim věnovat velkou pozornost jako předchozím dvěma skupinám. Do této skupiny patří nízkoobrátkové položky s nízkou zásobou. Ty jsou obstarávány až na základě přímých požadavků. Potenciál možné optimalizace je zanedbatelně malý až nulový. Z hlediska optimalizace zásob jsou položky skupiny C prakticky bezvýznamné. Někdy je ale vhodné je rozdělit do dalších podskupin. Resp., rozdělit na skupinu C a na skupinu D.

Skupina D – poslední skupinou, která se občas používá v souvislosti se zásobami. Do této skupiny spadají položky, ke kterým neexistují data nebo nemají žádný záznam, který se při analýze využívá, ve zvoleném časovém období.

Přínosem ABC analýzy je přehled, které položky přispívají nejvíce k hospodářským výsledkům firmy, a jsou tedy nejdůležitější. To lze využít při:



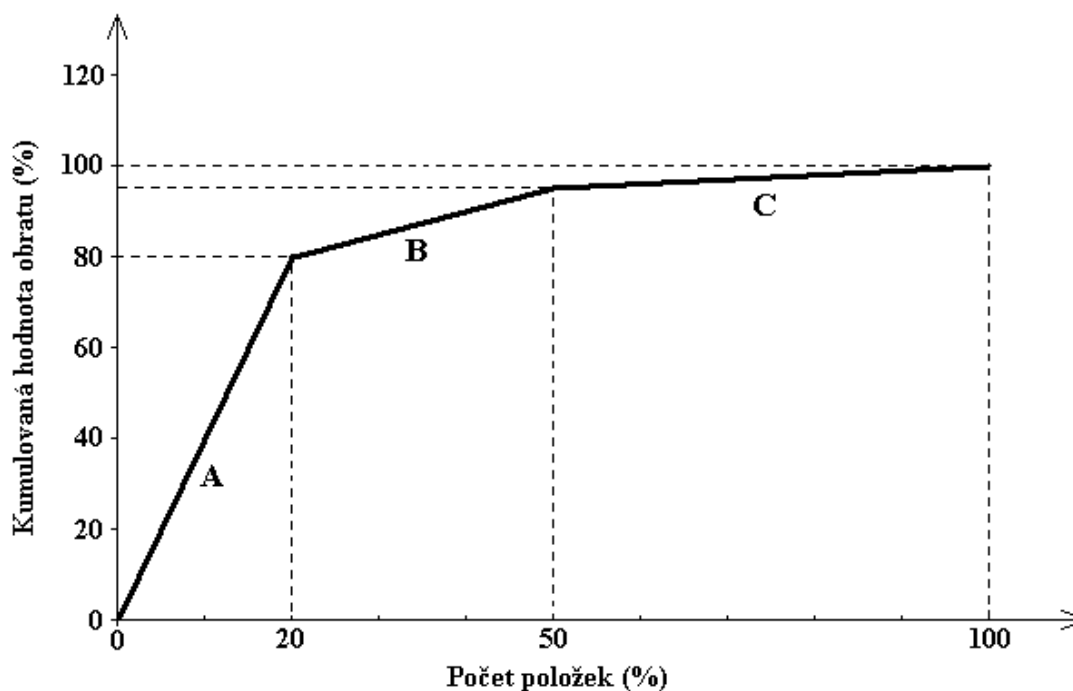
- Změnění organizační struktury.
- Snižování zásob.
- Snížení výrobních nákladů.
- Změnění systému distribuční logistiky.
- Změnění systému řízení.
- Zvýšení kvality a další.
- Skladování – uložení položek na skladu v závislosti na jejich obrátkovosti.
- Nákladech – rozdělení nákladových položek podle podílu na celkových nákladech.
- Zákaznickém servisu – diferenciací parametrů dodacího servisu v závislosti na významnosti odběratele a ziskovosti výrobku.
- Distribuční logistice – ABC analýza odběratelských míst (rozdělení odběratelských míst podle frekvence jejich obsluhy).
- Výrobě – klasifikace příčin prostojů podle jejich početnosti a délky trvání prostojů.
- Údržbě – klasifikace podle početnosti jednotlivých typů nebo příčin poruch.
- Kvalitě – Paretova analýza příčin neshodnosti výrobků.

Rozdělení položek do skupin dle ABC analýzy se provádí následovně:

1. Získání dat obratu pro jednotlivé položky.
2. Výpočet celkové hodnoty obratu pro jednotlivé položky a jejich sestupné seřazení.
3. Výpočet celkové hodnoty obratu všech položek.
4. Rozdělení do skupin, dle procentuálního podílu na celkové sumě obratu jednotlivých položek.



Prezentace výsledků ABC analýzy se realizuje graficky pomocí Lorenzovy křivky.



Obr. 2 Lorenzova křivka – rozdělení položek dle ABC analýzy

2.2.2 XYZ analýza

Metoda XYZ je jako metoda ABC používána pro diferenciaci zásob. Při využití této metody lze dosáhnout rozdělení skladových položek podle toho, jak vysoká je možnost přesnosti předpovědi budoucích potřeb a přiřazení statických vah v závislosti na spotřebě.

- Skupina X: zásoby s konstantní spotřebou s příležitostnými odchylkami a skladové položky, kde je možné určit vysoce přesnou předpověď budoucí potřeby, dochází k minimálním výkyvům ve spotřebě.
- Skupina Y: je zde již nižší pravděpodobnost přesné predikce budoucí potřeby. Tyto skladové položky jsou typické vyššími výkyvy ve spotřebě než první skupina.
- Skupina Z: zásoby s nepravidelnou spotřebou, pravděpodobnost predikce je zde velmi nízká, protože spotřeba těchto položek je nahodilá a nepravidelná.



Rozdělení do skupin je prováděno dle následujícího postupu:

1. Získání dat spotřeb pro jednotlivé položky.
2. Výpočet směrodatné odchyly, dle následujícího vzorce:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (h_{ij} - h_i)^2} \quad (1)$$

s_i – směrodatná odchylyka

h_{ij} – hodnota spotřeby i-té položky v j-tém měsíci

n – počet měsíců

3. Výpočet variačního koeficientu dle vzorce níže a následné seřazení hodnot vzestupně.

$$V_i = \frac{s_i}{h_i} \cdot 100(\%) \quad (2)$$

V_i – variační koeficient i-té položky

h_i – průměrná hodnota spotřeby i-té položky

s_i – směrodatná odchylyka spotřeby i-té položky

4. Rozdělení do skupin, dle procentuálního podílu na celkové sumě variačních koeficientů.

Rozdělení do skupin je na základě procentuálního podílu prováděno následovně. Do skupiny X spadají položky s hodnotou podílu 0-10 %, do skupiny Y položky s hodnotou 10-25 % a 25 % a více spadá do skupiny Z.



2.2.3 ABC a XYZ analýza

Při volbě formy zásobování se většinou používá ABC analýza spolu s XYZ analýzou, která tvoří užitečný doplněk. Tvoří pouze doplněk z toho důvodu, protože XYZ analýza sama osobě neposkytuje úplné výsledky. ABC analýza rozděluje položky do tří kategorií, na základě jejich podílu na obratu, kdežto XYZ rozděluje položky do skupin dle hodnot spotřeby kusů jednotlivých položek. Kombinací obou analýz ABC a XYZ lze dosáhnout rozdělení do skupin dle finančního obratu a zároveň spotřeby kusů za časové období. To přináší velmi užitečné informace a segmenty položek, na které je dobré se zaměřit. Pro synchronizaci zásobování a výroby, je nejvhodnější zvolit položky s kombinací skupin AX, BX nebo AY viz tabulka níže.

Klasifikační kritéria a skupiny		Hodnota skladových položek		
		A	B	C
Charakter spotřeby skladových položek a přesnost předpovědi	X	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká hodnota • Vysoká přesnost předpovědi • Plynulá spotřeba 	<ul style="list-style-type: none"> • Střední hodnota • Vysoká přesnost předpovědi • Plynulá spotřeba 	<ul style="list-style-type: none"> • Nízká hodnota • Vysoká přesnost předpovědi • Plynulá spotřeba
	Y	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká hodnota • Střední přesnost předpovědi • Polo plynulá spotřeba 	<ul style="list-style-type: none"> • Střední hodnota • Střední přesnost předpovědi • Polo plynulá spotřeba 	<ul style="list-style-type: none"> • Nízká hodnota • Střední přesnost předpovědi • Polo plynulá spotřeba
	Z	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká hodnota • Nízká přesnost předpovědi • Stochastická spotřeba 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká hodnota • Nízká přesnost předpovědi • Stochastická spotřeba 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká hodnota • Nízká přesnost předpovědi • Stochastická spotřeba

Tab. 1 Klasifikace skupin dle ABC a XYZ analýzy



2.3 *Predikce spotřeby*

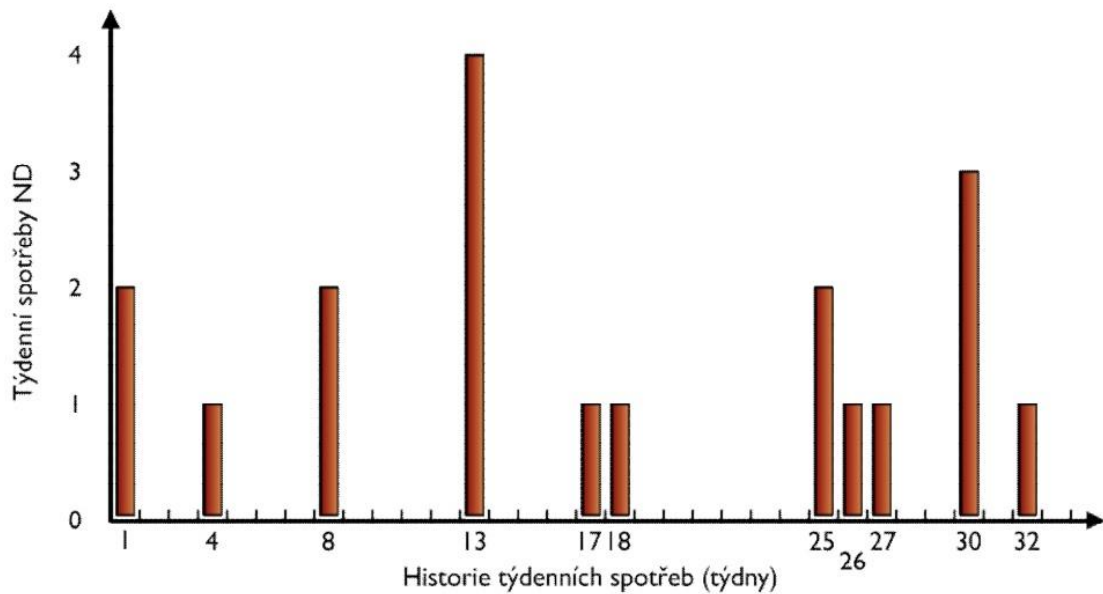
Po dokončení diferenciacie zásob, následuje samotná predikce budoucí spotřeby náhradních dílů a materiálů údržby. Ta vychází z historie spotřeb, která by měla být zaznamenávána dostatečně dlouhou dobu. Ideální dobou se u náhradních dílů považuje 5 až 10 let. Lze předpokládat, že čím je zaznamenaná historie delší, tím přesněji a spolehlivěji lze stanovit budoucí spotřebu. U sporadické spotřeby není vhodné využívat klasické metody predikce a řízení zásob, protože by to mohlo vést k vytvoření nadměrné zásoby.

Při analýze spotřeb je nutné rozeznat výdeje na předem plánované údržby (plánované, generální opravy a preventivní údržby) a díly na neplánované (opravy a havarijní stavy) údržbářské zásahy neboli opravy po poruše. Pro předpověď je třeba v historii odfiltrovat položky plánovaných spotřeb náhradních dílů. K položkám je třeba přistupovat dle charakteru jejich spotřeby. Položky s běžnou poptávkou se předpovídají pomocí široké palety statistických metod běžně užívaných pro řízení zásob. Položky, jejichž spotřeba je sporadická, se předpovídají speciálními metodami vhodnými pro předpověď sporadické poptávky (bootstrapping, metoda Smart-Willemain). Použití statických metod predikce a řízení zásob u sporadických položek často vede k výraznému nadhodnocení, a tedy i vyšší úrovni zásob.



2.3.1 Sporadické spotřeby – predikce a efektivní řízení zásoby

Otázka při řízení zásob zní: kolik kusů náhradního dílu držet na skladě? Takto položená otázka nemá přímou odpověď – je nutné znát, jaké úrovně dostupnosti dílu na skladě dosáhnout. To úzce souvisí s kritičností dílu: pro kritické díly bude požadována dostupnost na úrovni například 99,97 %. Čím vyšší dostupnost je požadována, tím vyšší je i potřebná minimální zásoba.⁴



Obr. 3 Příklad historie týdenních spotřeb položky

⁴ Hladík, Tomáš; Šucha, Marek; Tulach, Petr . Efektivní řízení zásob náhradních dílů v údržbě. [Online] [Citace: 5. Březen 2018.] <http://archiv.logio.cz/wp-content/uploads/2009/11/efektivni-rizeni-zasob-nahradnich-dilu-v-udrzbe.pdf>.



2.4 Metoda EOQ

EOQ neboli anglicky *Economic Order Quantity*, je nástroj ke stanovení optimálního objednáacího množství, které minimalizuje celkové náklady na objednávání a držení zásob. Pro stanovení minima se využívá matematická analýza, extrém lokální funkce celkových nákladů, kde je proměnná hodnota optimálního objednáacího množství.⁵ Model vyžaduje zohlednění omezujících předpokladů:

- Položka s předem známou poptávkou.
- Přesná dodací lhůta.
- Minimum zásob může být u standardního modelu na nulovém bodě.
- Model nezohledňuje slevy, předem stanovená cena.
- Náklady na objednání jsou fixní a velikost objednávky se nebere v úvahu.
- Známé náklady na skladování.
- Doplnění zásob se provádí okamžitě a celá dodávka je dodána naráz.
- Velikost objednávky a doba skladování nepodléhají omezení.
- Uplatňuje se u nezávislé poptávky.

Výpočet se provede pomocí Campova vzorce:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot F}{a \cdot K}} \quad (3)$$

Q – optimální objednáací množství

D – předpokládaná spotřeba za rok

F – pořizovací náklady vynaložené na 1 objednávku

⁵ Svobodová, Daniela. Optimalizace zásob náhradních dílů. [Online] 9. Květen 2016. [Citace: 15. Březen 2018.] https://is.muni.cz/th/426730/esf_m/Optimalizace_zasob_nahradnich_dilu_Svobodova_2016.pdf.



a – koeficient pro náklady na udržování zásob (roční), vyjádřené v % z hodnoty zásob

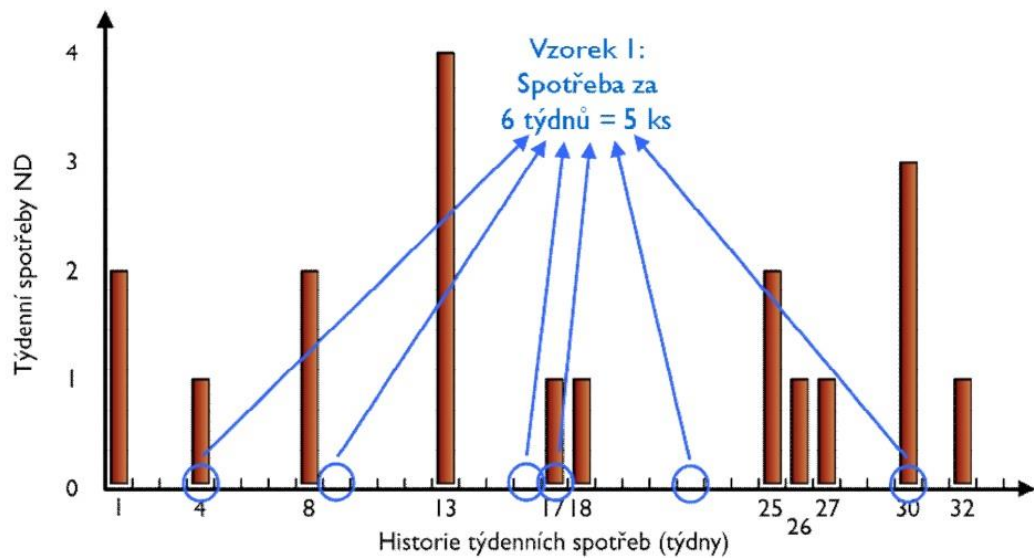
K – pořizovací cena za 1 ks

2.5 *Metoda Smart Willemain*

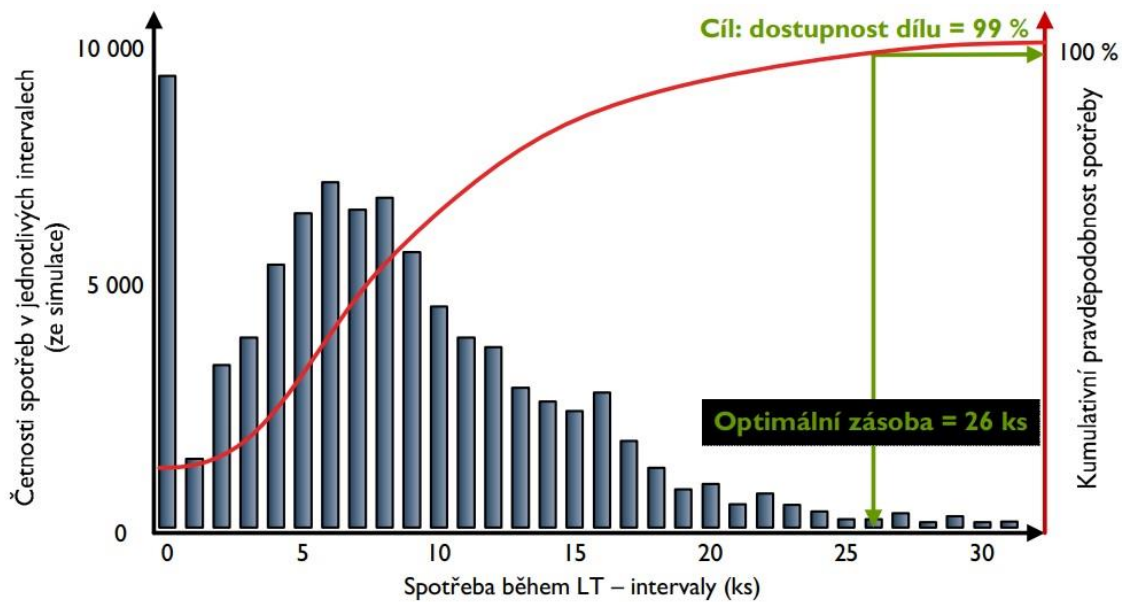
Metoda Smart Willemain navržená v roce 2002 je simulační a statistická metoda, jejímž základem je stochastická předpověď budoucí spotřeby, vycházející ze statistické metody bootstrap. Díky metodě Smart Willemain je možné stanovit minimální hladinu zásob neboli objednávací hladinu, tak aby bylo zajištěno pokrytí požadavků s určitou pravděpodobností. Základem je náhodné vzorkování z historie spotřeb. Ve statistice se tento postup nazývá bootstrapping. Vzhledem k dodací lhůtě například šesti týdnů je z historie spotřeb náhodně vybráno, tedy vzorkováno, právě šest období, v tomto případě týdnů viz obr. 4. Součet spotřeb v náhodně vybraných týdnech z časovém rozmezí je prvním náhodným vzorkem spotřeby dílu během dodací lhůty dodavatele. Opakováním tohoto postupu se dosáhne dalších náhodných vzorků. Provedením dostatečně vysokých počtů takovýchto výběrů neboli simulací spotřeby, lze dosáhnout stochastické charakteristiky spotřeby dílu během období šesti týdnů. Výsledek zhruba sto tisíců vzorků se uvádí v podobě histogramu viz obr. 5. Histogram četností spotřeb je v podstatě formou stochastické předpovědi spotřeby dílu.⁶

⁶ **Hladík, Tomáš; Šucha, Marek; Tulach, Petr** . Efektivní řízení zásob náhradních dílů v údržbě. [Online] [Citace: 5. Březen 2018.] <http://archiv.logio.cz/wp-content/uploads/2009/11/efektivni-rizeni-zasob-nahradnich-dilu-v-udrzbe.pdf>.





Obr. 4 Příklad zvolení náhodných 6 týdnů



Obr. 5 Příklad zobrazení výsledných dat



2.6 Výpočty min a max hladin

Pro plánování počtu náhradních dílů je třeba zjistit, pravděpodobnost vzniku nejvýše n -té poruchy na sledované komponentě. Pravděpodobnost lze stanovit matematicky – Poissonovým rozdělením. Distribuční funkce se vypočte dle vzorce:

$$P(n) = \sum_{x=0}^n e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!} \quad (4)$$

Kde lambda není intenzita poruch, nýbrž parametr rozdělení, který lze získat dle vztahu

$$EX = DX = \lambda = n \cdot p$$

EX – střední hodnota

DX – rozptyl

n – počet pokusů

p – pravděpodobnost výskytu jevu

Pro oblast spolehlivosti lze využít upravený vzorec

$$A(n) = \sum_{x=0}^n e^{-\frac{t \cdot k}{MTBF}} \frac{\left(\frac{t \cdot k}{MTBF}\right)^x}{x!} \quad (5)$$

t – doba sledování (jedné komponenty)

k – počet komponent

MTBF – střední doba mezi poruchami (anglicky – Medium time between failures)

$P(n)$ – pravděpodobnost nastoupení nejvýše n poruch

Kritičnost náhradního dílu při plánování je třeba zohlednit, aby zásoby dílu byly dostatečné. Kritičnost náhradního dílu je vyjádřena mírou pravděpodobnosti. Zpravidla se využívá konfidenční mez v úrovni 99 %.



Pro výpočty minimálních hladin náhradních dílů je možné využít vztah, který dokáže vypočítat dostatečně přesné výsledky.

$$A(n) = \lambda \cdot t \cdot n + Z\sqrt{\lambda \cdot t \cdot n} \quad (6)$$

$A(n)$ – přípustný počet poruch, zároveň potřebný počet náhradních dílů

λ – intenzita poruch

t – období, pro které požadujeme mít náhradní díl k dispozici

n – počet zařízení

Z – konfidenční mez z normovaného normálního rozdělení, které vyčteme z tabulky dle hodnoty pravděpodobnosti neboli kritičnosti dílu

2.7 Výpočet zásob při ukončení podpory

Dle výše uvedeného vzorce (6) lze také vypočítat počet náhradních dílů potřebných do konce životnosti stroje. Toho lze například využít při ukončení podpory originálního náhradního dílu, který nemá za sebe přímou náhradu a ani nepřímou náhradu. Tudíž by bylo nutno stroj přestavět či provádět modifikace.

K vypočtení požadovaného počtu náhradních dílů stačí vzorec upravit tím, že za hodnotu období se dosadí doba plánované životnosti stroje.



3 Praktická část

Počátkem je získání nezbytných dat a osvojení postupů, které se využijí při diferenciaci zásob a následné predikce minimálních a eventuálně maximálních hladin ve skladovém systému náhradních dílů. Pro tyto účely byla použita data ze skladové databáze, která disponují daty o pohybech položek v rámci jednoho roku. Konkrétně od kalendářního měsíce října 2016 do konce měsíce září 2017. Data vytažena z databáze a uložena v excelovém souboru bylo třeba přezkontrolovat z důvodu případných chyb a zformátovat pro jednodušší orientaci.

Zpracování dat se provedlo pomocí metod ABC a XYZ, jež jsou všeobecně známé a doporučované v mnoha odborných literaturách a člancích právě pro diferenciaci zásob.

Pro predikci spotřeb a určení hladin se vybraly metody Smart Willemain, EOQ (Economic Order Quantity) a metody pro plánování počtu náhradních dílů.

ITEMID	MININVENTONHANI	MAXINVENTONHANI	LEADTIMEPURCHASI
OS5622	9	15	0
OS0115	4	5	28
OS5924	2	3	60
OS5928	6	14	20
OS15034	2	2	0
OS0117	3	4	21
OS48001	10	50	10
OS0122	2	4	0
OS1033	5	8	8
OS5923	1	1	21
OS5010	2	3	14
OS25059	2	4	0
OS5008	1	1	0
OS0131	2	4	0
OS5666	3	7	7

Tab. 2 Položky s nastavením v systému



Od data		počítat	do 1.10.2017		
ITEMID	DATEPHYSICA	QT	COSTAMOUNTPOSTEI	CURRENCYCOD	Měsíc
OS0006	X-16	-1	-6326	CZK	10
OS0006	V-17	-2	-12652	CZK	5
OS0010	XI-16	-1	-641,52	CZK	11
OS0010	XI-16	1	627,18	CZK	11
OS0011	XI-16	-1	-3637,25	CZK	11
OS0012	V-17	-10	-2304,77	CZK	5
OS0012	VI-17	-6	-1382,86	CZK	6
OS0012	VII-17	-10	-2379,29	CZK	7
OS0012	VII-17	-10	-2379,3	CZK	7
OS0012	X-16	-10	-2806,58	CZK	10
OS0012	X-16	2	937,04	CZK	10
OS0013	XII-16	-2	-214,72	CZK	12
OS0013	XII-16	-1	-107,36	CZK	12
OS0019	XI-16	2	11109,82	CZK	11
OS0022	X-16	-1	-538,01	CZK	10

Tab. 3 Položky s odběry a cenami

3.1 ABC analýza

Pro ABC analýzu bylo třeba vyhledat a sečíst hodnoty všech odběrů jednotlivých položek a přiřadit je do přehledové tabulky. Pro tento účel bylo využito předprogramovaných funkcí programu Excel. Při využití nástroje podmínky KDYŽ a následně SUMIF, za vhodně zvolených podmínek, se do přehledové tabulky přidal sloupeček s celkovou finanční hodnotou odpisů pro jednotlivé položky za zvolené časové období a jejich seřazení od největší hodnoty po nejmenší.

Následně se pokračovalo sečtením všech celkových finančních hodnot odpisů do celkové sumy. Pro rozdělení do jednotlivých skupin je nutné znát procentuální podíl na celkové hodnotě. Tedy provést matematický výpočet, kde celková suma je vydělena hodnotou položky a následně vynásobena stem pro získání procentuálního podílu na celkové sumě. Procenta se kumulovaně sčítají až do poslední položky.

Nyní je příprava dat kompletní a následuje rozřazení do skupin. Obecně se pro rozdělení využívá Paretova pravidla. Tedy do skupiny A spadají položky s procentuálním podílem 0–80 %. Do skupiny B 80-90 % a do skupiny C 90-100 %. Přičemž je v tomto případě výhodné rozdělit skupinu C na dvě skupiny. Na skupinu C a skupinu D. Skupinu D tvoří položky, které ve zvoleném časovém období nemají záznam o pohybu. Jejich



hodnota je nulová. Tyto položky ale netvoří pouze „mrtvé zásoby“, ale spadají sem i nově založené položky. Viz. příloha 1.

ITEMID	MININVENTONHAND	MAXINVENTONHAND	LEADTIMEPURCHASE	Amount (+) for ABC	
OS0115	4	5	28	304 391,72	10940360,61
OS5924	2	3	60	294 000,00	5,681251671 A
OS5928	6	14	20	281 868,40	8,368548832 A
OS15034	2	2	0	279 494,95	10,94495751 A
OS0117	3	4	21	261 575,25	13,49967174 A
OS48001	10	50	10	216 671,60	15,89059156 A
OS0122	2	4	0	214 295,40	17,87107107 A
OS1033	5	8	8	213 851,93	19,829831 A
OS5923	1	1	21	196 000,00	21,78453741 A
OS5010	2	3	14	189 680,40	23,57606885 A
OS25059	2	4	0	183 077,03	25,3098362 A
OS5008	1	1	0	177 415,21	26,98324566 A
OS0131	2	4	0	139 098,13	28,60490345 A
OS5666	3	7	7	135 183,36	29,87632526 A
					31,11196423 A

Tab. 4 Výsledné rozdělení položek do skupin

Je tedy vhodné ABC analýzu provádět v pravidelných intervalech, aby se zamezilo chybné optimalizaci, a tudíž i nevhodně nastavenému systému a ohrožení plynulosti výroby. Nyní jsou všechny položky rozdělené do skupin:

- A – důležité sledovat objednávky, které nejsou vyřízené a nutné sledovat překračování dodacích lhůt. Provádět inventuru zásob s vysokou intenzitou. Při objednávkách předpokládat očekávanou poptávku, propočítávat velikost dávky a pojistnou zásobu. Snažit se s dodavatelem zkracovat dodací lhůty, či řešit různé možnosti zásobování například konsignačním skladem a pravidelně provádět predikci.
- B – provádí se stejná řídicí opatření, tak jako u skupiny A, ale s tím, že jsou prováděny v delších časových intervalech a velikosti dávek i pojistné zásoby jsou větší.
- C – tyto položky je důležité mít na skladě, ale není nutné propočítávat predikci spotřeby. Stačí periodicky kontrolovat množství na skladě.
- D – nazývané ležáky, či mrtvé zásoby. Podskupina skupiny C, na které se vztahují stejná pravidla kontroly a predikce. Díly, které jsou skladem déle než rok.



3.2 XYZ analýza

Pro provedení XYZ analýzy bylo třeba u jednotlivých položek rozdělit množství odběrů do jednotlivých měsíců sledovaného období. Viz tabulka 5.

OS	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OS0442	-5	-6	-8	-3	-7	-4	-8	-7	-6	-6	-8	-4
OS5657	-16	-29	-17	-50	-29	-16	-41	-21	-20	-19	-15	-20
OS5617	-4	-8	-6	-6	-4	-6	-9	-7	-10	-1	-3	-4
OS5536	-7	-7	-3	-7	-7	-13	-2	-6	-1	-9	-11	-8
OS4380	-18	1	-11	-21	-17	-4	-27	-17	-16	-9	-18	-19
OS5377	-4	-3	-3	-2	-2	-5	-5	-4	-1	-2	0	-3
OS0226	-25	-30	-21	-59	-68	-31	-26	-12	-24	-36	-10	-38

Tab. 5 Rozdělení spotřeb do týdnů

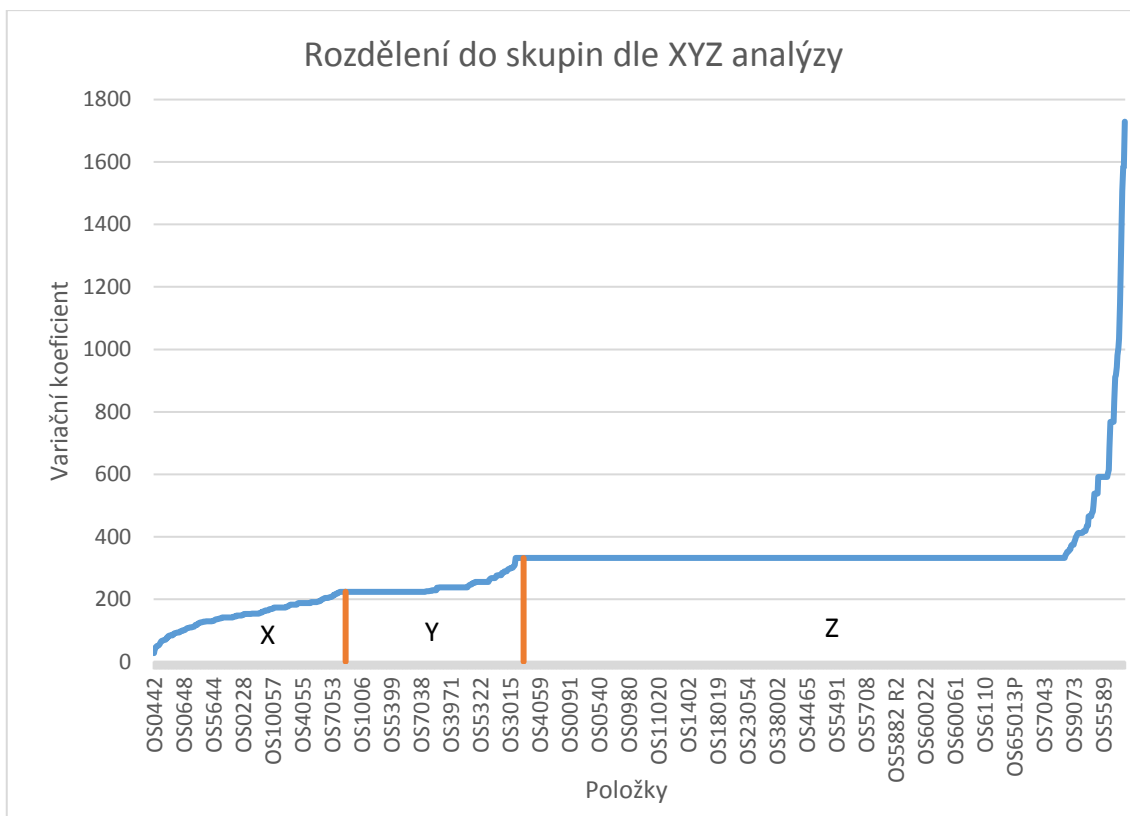
Dále proběhla kalkulace údajů nutných k rozdělení položek do skupin. Tedy směrodatné odchylky, ke které byl využit nástroj v Excelu, který umožňuje výpočet směrodatné odchylky (1) ze zvolených dat. Následně vypočtený variační koeficient dle vzorce (2) a seřazení hodnot od nejmenší po největší.

Následně se dle výsledků a seřazených hodnot provedlo rozdělení do skupin dle procentuálního podílu na celkové hodnotě. Do skupiny X připadly položky, které mají procentuální podíl na výsledné sumě 0–10 %. Položky s 10-25 % se přiřadily do skupiny Y. Do poslední skupiny s procentuálním podílem 25 % a více, spadají zbylé položky. Viz příloha 1.

OS	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	
OS0442	1,632993162	27,2165527	0,00754% X
OS5657	10,5550804	43,22899822	0,01951% X
OS5617	2,494438258	44,01949867	0,03170% X
OS5536	3,34477204	49,55217837	0,04543% X
OS4380	7,363574011	50,20618644	0,05933% X
OS5377	1,462494065	51,61743757	0,07363% X
OS0226	16,41814714	51,84678045	0,08799% X

Tab. 6 Výsledné rozdělení položek do skupin





Graf 1 Graf rozdělení položek do skupin



3.3 Výsledky ABC XYZ analýzy

Po provedení analýz se pro lepší orientaci ve výsledcích vytvořila tabulka, kde ke každé položce je přiřazena skupina dle ABC a XYZ analýzy. Tabulka může sloužit pro filtraci položek, dle jednotlivých skupin. Tato filtrace je vhodná z důvodu výběru položek, na které je posléze možné aplikovat různé analýzy, dle jednotlivých skupin, kam skladové položky spadají. Kompletní tabulka rozřazení viz příloha 1.

OS	ABC	XYZ
OS5622	A	X
OS0115	A	X
OS5924	A	X
OS5928	A	X
OS15034	A	X
OS0117	A	X
OS48001	A	Z
OS0122	A	X
OS1033	A	X
OS5923	A	Y
OS5010	A	Z
OS25059	A	X
OS5008	A	Y

Tab. 7 Výsledné rozdělení do skupin



3.4 Metoda Smart Willemain

Pro predikční metodu Smart Willemain, která určuje minimální hladinu zásob, je třeba znát několik údajů. Je nutné znát dodací lhůty pro analyzovanou položku a odběry v jednotlivých časových obdobích. Jako časové období se používá jeden týden. Pro jednotlivé týdny je tedy nutné znát odběry a zadat je do tabulky. Tato tabulka je nutná pro následný výpočet.

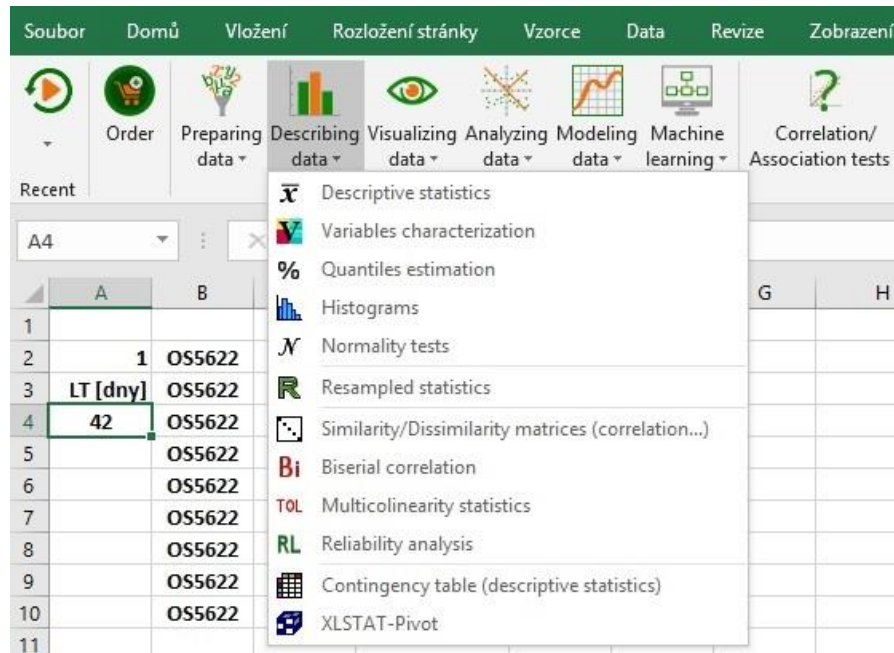
	OS5622	OS5928	OS0122	OS1033	OS25059	OS0131	OS5666	OS1017	OS0089	OS0088
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
42	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
45	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0
46	3	1	0	1	1	0	0	4	1	0

Tab. 8 Odběry v týdnech

Metodu Smart Willemain nelze provést bez pomoci softwaru. Z toho důvodu bylo třeba nalézt vhodný nástroj, který pomůže provést potřebné výpočty. K tomuto účelu bylo využito Excel doplňku od společnosti XLSTAT ve freetrial licenci, který lze stáhnout ze stránek www.xlstat.com, kde se pod funkcí Resampled statics skrývá potřebná funkce pro výběr 100000 vzorků.

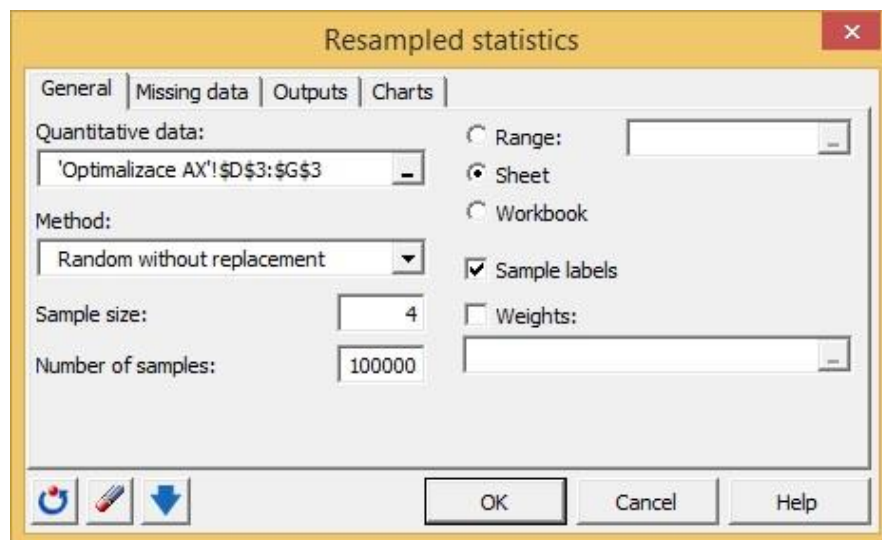


Pro takto připravená data a získaný nástroj je možné provést analýzu. Na listu, kde se nachází data, spustíme nástroj XLSTAT. V záložce Describing data se zvolí Resampled statistics.



Obr. 6 Lišta nástrojů XLSTAT

Otevře se okno s možností výběrů funkcí a výběru dat:



Obr. 7 Zvolení parametrů simulace



Vybere se oblast dat v kolonce Quantitative data. Pokud jsou opatřena popiskem, který lze také vybrat, pak je nutné zaškrtnout možnost Sample labels.

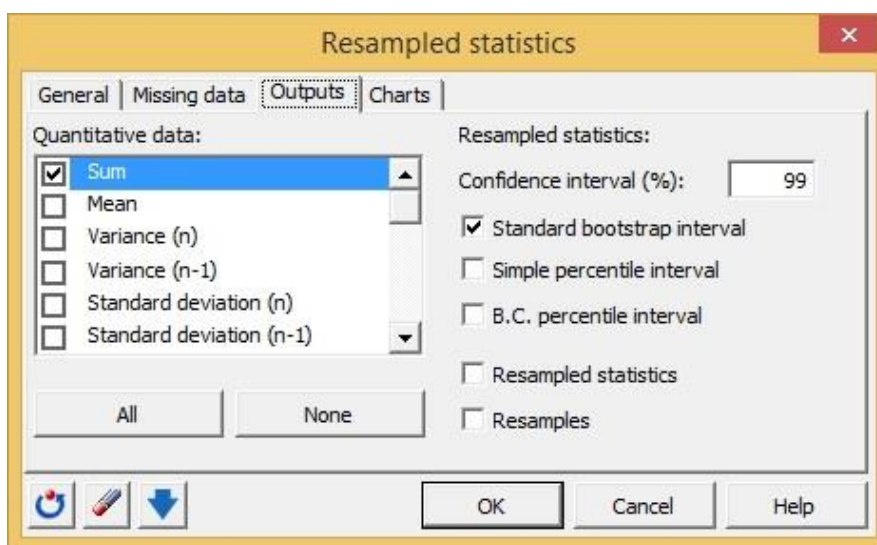
K provedení simulace je třeba vybrat funkci Random without replacement

Velikost vzorku čili Sample size, je hodnota doby dodání v týdnech.

Počet vzorků neboli Number of samples, byla zvolena hodnota 100 000 náhodných vzorků, přičemž jeden vzorek obsahuje čtyři náhodně vybrané týdny z časového období.

Na záložce Missing data není třeba nic zaškrtnout nebo měnit, protože se v tabulce nachází kompletní data.

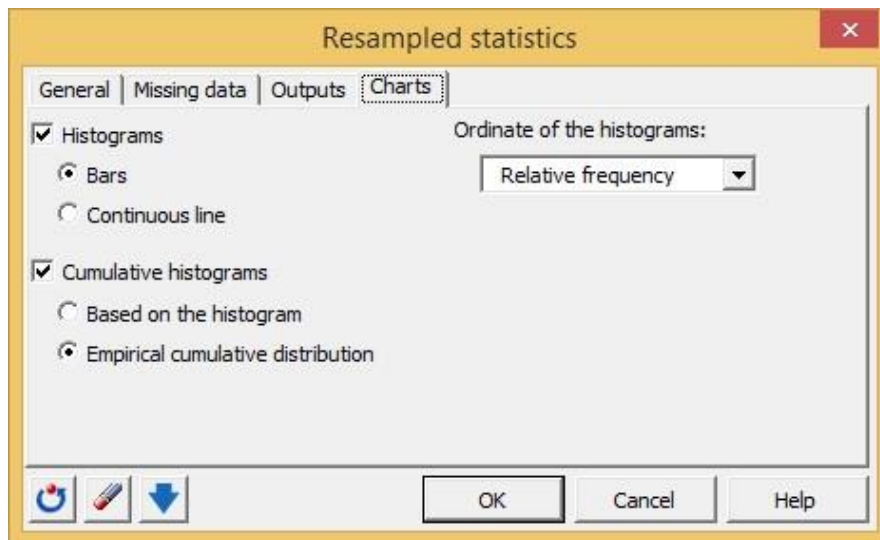
Záložka Outputs umožňuje zvolit zobrazení výsledků. Pro tento účel stačí zvolit pouze Sum, tedy součet. Zadá se spolehlivostní procento Confidence interval v procentech. Dále se již pouze zaškrtnou standard bootstrap interval, což je standardní interval, který se používá při statistické metodě bootstrap, ze které metoda Smart Willemain vychází.



Obr. 8 Volba možností pro zobrazení výsledků

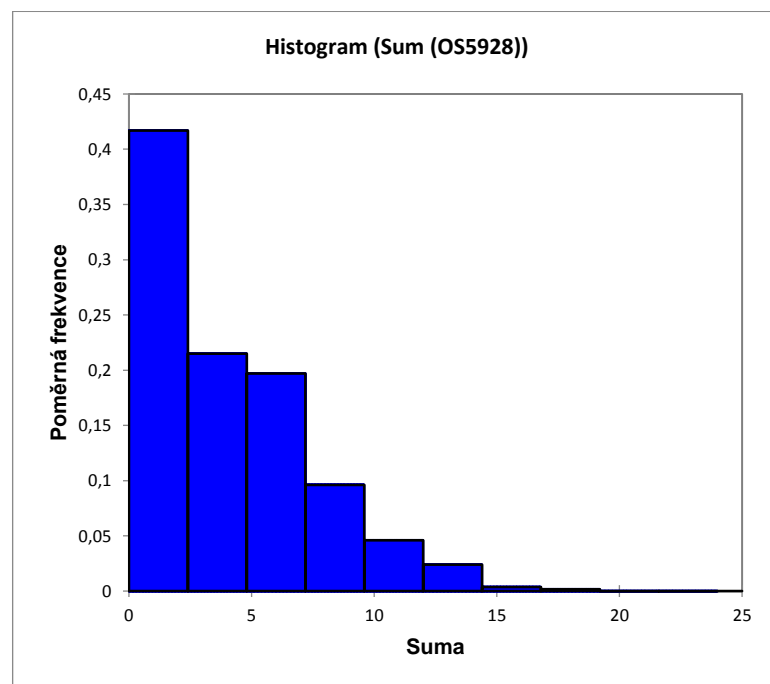
Na záložce Charts lze zvolit v jakém formátu se výsledek zobrazí. Pro určení výsledků je potřeba kumulativní histogram s distribuční funkcí. Vhodné je vygenerovat i histogram v podobě sloupců, kde jsou zobrazeny četnosti součtů vybraných týdnů.





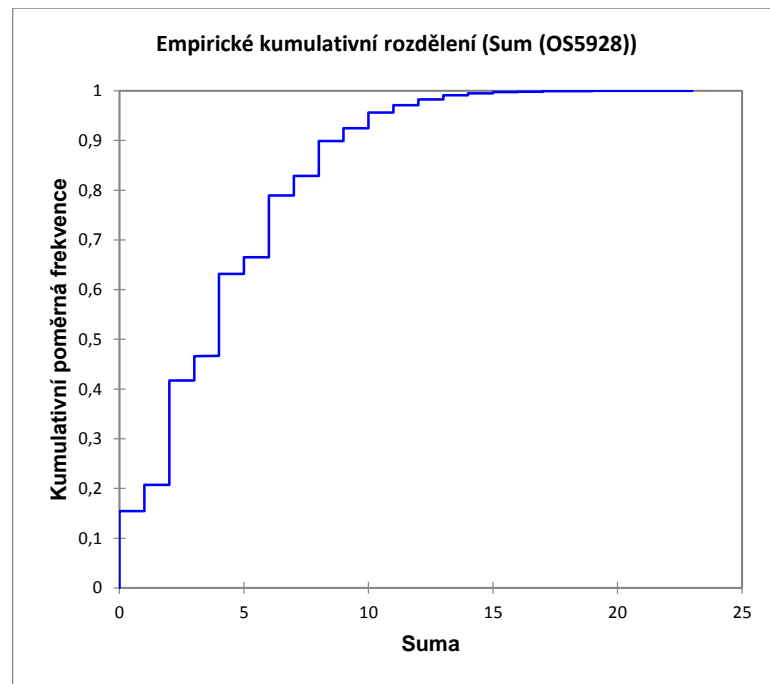
Obr. 9 Volba formátu histogramů

Po provedení simulací se zobrazí výsledek, kde ale nejdůležitější jsou následující grafy:



Graf 2 Výsledný histogram součtu spotřeb





Graf 3 Kumulativní histogram s distribuční funkcí

Z grafu 3 se odečte požadovaná hodnota minimální skladové hladiny, dle požadované pravděpodobnosti dostupnosti, tedy 99 %. V tomto případě je doporučována minimální skladová hladina o 13 kusech.

Ve výsledném excelovém listu nejsou pouze tyto dva grafy, ale i další hodnoty, které jsou rozřazeny do skupin viz příloha 2. Níže jsou vypsány všechny druhy hodnot, které lze vyčíst z vygenerovaných výsledků

Summary statistics: Tato tabulka zobrazuje pro zvolené vzorky, počet hodnot, počet chybějících hodnot, počet nechybějících hodnot, průměr a standardní odchylku.

Resampling: Tato tabulka zobrazuje vybranou statistiku, střední hodnotu, standardní chybu a interval spolehlivosti získaný převzorkováním.

Resampled statistics: V této tabulce jsou zobrazeny statistiky vzorků pro každý z vzorků.

Resampled data: Tato tabulka zobrazuje vzorky získané převzorkováním počátečních dat.

Histograms: Vygenerování zvolených histogramů.



Descriptive statistics for the intervals: Tato tabulka zobrazuje pro každý interval svou dolní hranici, horní hranici, frekvenci (počet hodnot vzorku v intervalu), relativní frekvenci (počet hodnot dělených celkovým počtem hodnot v intervalu) a hustotu (poměr frekvence k velikosti intervalu).

3.5 Výsledky

Pro prvních deset položek ze skupiny AX se provedla metoda Smart Willemain za účelem získání hodnot minimálních hladin, které se nastaví ve skladovém systému. Pro snadný přehled se vytvořila přehledová tabulka minimálních hladin nastavených v systému a výsledků metody Smart Willemain viz níže.

OS	Min. hladina před	Min hladina po S-W metodě
OS5622	9	17
OS5928	6	13
OS0122	2	3
OS1033	5	5
OS25059	2	2
OS0131	2	3
OS5666	3	4
OS1017	1	4
OS0089	3	2
OS0088	2	2

Tab. 9 Porovnání minimálních hladin

Jak lze vyčíst z tabulky u některých položek není systém vhodně nastavený. Jelikož se jedná o položky skupiny AX mělo by se toto nastavení změnit na výsledky metody Smart Willemain. Ačkoliv se jedná o navýšení zásoby a skladových nákladů je vhodné u těchto položek zvolit vyšší zásobu, která bude dostupná z 99 % a tudíž nebude ohrožena výroba podniku.



3.6 Identifikované nedostatky v datech

Informace o použití dílů nejsou ideální, v současné době se pouze vychází z dat, která se nacházejí ve skladovém systému. Ačkoliv se při odběru uvádí číslo výrobní linky, není známo přesné místo, kde se díl vyměňuje.

Do budoucna by bylo dobré zápisy poruch na jednotlivých částech výrobní linky, propojit se systémem skladu náhradních dílů. Poté by mohl sklad náhradních dílů tyto informace využívat pro plánování počtu náhradních dílů.

Dokumentace nemají kompletní kusovníky, protože se linka skládá z modulů od různých výrobců, kteří ne vždy dodávají kompletní kusovníky modulu, ale pouze kritické díly. Tudíž nelze použít metody, kde jsou vyžadovány počty kusů na linku.



4 Závěr

Díky této práci se analyzoval stav a množství informací, které jsou ve firmě nastavené v souvislosti s údržbou a náhradními díly.

Dle zvolených metod se skladové položky podařilo rozdělit do skupin dle analýz ABC a XYZ. Pro 10 položek ze skupiny AX se aplikovala metoda Smart Willemain, která pomohla určit minimální skladové hladiny.

Jak lze vyčíst z tabulky porovnání výsledků metody Smart Willemain a současných nastavených minimálních hladin, pro spolehlivost 99 % výskytu položky na skladě, jsou hladiny poddimenzované. U dvou položek je rozdíl mezi minimálními hladinami 8 a 7 kusů, což odpovídá 189 % a 217 % ze stávajícího stavu. Pouze u třech položek se hladiny shodují a u jediné je současná minimální hladina vyšší než doporučená metodou Smart Willemain.

Pro využití dalších metod, by bylo nutné spočítat některé parametry, jako například:

- Náklady na skladování.
- Náklady na jednu objednávku.
- Intenzitu poruch.
- Celkový počet položek na lince spolu s počtem zařízení.

Poté by již při další periodické optimalizaci bylo možné využít i další metody.

Analyzovaná data, která jsou v rozsahu jednoho roku, jsou pro prvotní výpočty a nastavení dostačující, přesto však nelze na ně úplně spoléhat. Pro vysokou spolehlivost výsledků by bylo dobré analyzovat data, která obsahují historii položek v rozsahu 5 až 10 let. Co lze ještě považovat za přijatelné a s dobrou spolehlivostí výsledků je historie položek v období 3 let.

Optimalizace hladin a rozdělení do skupin je vhodné provádět periodicky, aby se aktualizoval skladový systém a byl k dispozici přehled o příslušnosti dílů ve skladových skupinách. A to z několika důvodů.



- Chování linek je proměnné, z toho důvodu, že čím budou výrobní linky starší, tím více poruchové mohou být, to nese za následek změnu spotřeb náhradních dílů, a tedy i množství odběrů u dodavatelů.
- D skupina náhradních dílů – ve které se mohou nacházet nově založené položky, a tedy v dalších letech se mohou pohybovat v důležitějších skupinách.

V případě, že by se skladový systém takto neaktualizoval, může dojít k zastavení výroby z důvodu nedostupnosti náhradního dílu ve skladu.



Použitá literatura

1. **Střelec, Jiří.** Vlastní cesta. *Vlastní cesta*. [Online] 29. Březen 2018. <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pareto-analyza/>.
2. **Svobodová, Daniela.** Optimalizace zásob náhradních dílů. [Online] 9. Květen 2016. [Citace: 15. Březen 2018.] https://is.muni.cz/th/426730/esf_m/Optimalizace_zasob_nahradnich_dilu_Svobodova_2016.pdf.
3. **Cigánková, Monika.** ABC analýza. *IPA slovník*. [Online] IPA Czech, s.r.o., 30. Listopad 2007. [Citace: 29. Březen 2018.] <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/abc-analyza>.
4. **Sidora, Juraj.** XYZ analýza. *IPA slovník*. [Online] IPA Czech, s.r.o., 30. Září 2017. [Citace: 29. Březen 2018.] <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/xyz-analyza-cz>.
5. **Hladík, Tomáš a Tulach, Petr.** Efektivní řízení zásob náhradních dílů v údržbě. *System online*. [Online] 1. Leden 2009. [Citace: 14. Březen 2018.] <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/efektivni-rizeni-zasob-nahradnich-dilu-v-udrzbe.htm>.
6. **Hladík, Tomáš; Šucha, Marek; Tulach, Petr .** Efektivní řízení zásob náhradních dílů v údržbě. [Online] [Citace: 5. Březen 2018.] <http://archiv.logio.cz/wp-content/uploads/2009/11/efektivni-rizeni-zasob-nahradnich-dilu-v-udrzbe.pdf>.
7. Pracovní texty předmětu Logistika. [Online] Listopad 2007. [Citace: 19. Březen 2018.] http://www.kvs.tul.cz/download/logistika/07_logistika_3_zasoby_tisk.pdf.
8. **Horáková, Helena a Kubát, Jiří.** *Řízení zásob*. Praha : Profess Consulting, 1998. ISBN: 80-85235-52-2.
9. **Kolbábková, Lenka.** ZÁSOBOVACÍ LOGISTIKA KONKRÉTNÍHO PODNIKU. [Online] 10. Květen 2016. [Citace: 10. Březen 2018.] https://is.muni.cz/th/cgc89/DP_komplet_verejna_cast.pdf.



10. **Uchytlová, Olga.** Ekonomicko správní fakulta Studijní obor: Podnikové hospodářství Zásobovací logistika podniku. [Online] Ekonomicko-správní fakulta Masarykovy univerzity, Duben 2007. [Citace: 5. Duben 2018.] <http://atelim.com/ekonomicko-sprvn-fakulta-studijn-obor-podnikov-hospodstv-zsobo.html?part=5>.

11. **Zajíček, Jaroslav.** *Řízení zásob a náhradních dílů.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2016.

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Seznam tabulek

Tab. 1 Klasifikace skupin dle ABC a XYZ analýzy	23
Tab. 2 Položky s nastavením v systému	31
Tab. 3 Položky s odběry a cenami	32
Tab. 4 Výsledné rozdělení položek do skupin	33
Tab. 5 Rozdělení spotřeb do týdnů	34
Tab. 6 Výsledné rozdělení položek do skupin	34
Tab. 7 Výsledné rozdělení do skupin.....	36
Tab. 8 Odběry v týdnech.....	37
Tab. 9 Porovnání minimálních hladin.....	42

Seznam obrázků

Obr. 1 Lorenzova křivka – kumulativní četnosti	18
Obr. 2 Lorenzova křivka – rozdělení položek dle ABC analýzy.....	21



Obr. 3 Příklad historie týdenních spotřeb položky	25
Obr. 4 Příklad zvolení náhodných 6 týdnů	28
Obr. 5 Příklad zobrazení výsledných dat	28
Obr. 6 Lišta nástrojů XLSTAT	38
Obr. 7 Zvolení parametrů simulace	38
Obr. 8 Volba možností pro zobrazení výsledků	39
Obr. 9 Volba formátu histogramů	40

Seznam grafů

Graf 1 Graf rozdělení položek do skupin.....	35
Graf 2 Výsledný histogram součtu spotřeb.....	40
Graf 3 Kumulativní histogram s distribuční funkcí	41

Obsah CD

Příloha č. 1 – ABC-XYZ

Příloha č. 2 – Optimalizace

bakalarska_prace_2018_Michal_Steinhauser.pdf

bakalarska_prace_2018_Michal_Steinhauser.docx

